

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## Generator for parallel collimated beams from fiber coupled laser diodes for laser Doppler measuring devices e.g. laser Doppler anemometers

**Patent number:** DE19827125  
**Publication date:** 1999-12-23  
**Inventor:** BAUER JUERGEN (DE); DAMMANN EHRHARD (DE)  
**Applicant:** JENOPTIK JENA GMBH (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G01P5/00; G02B6/32; G01S7/481  
- **European:** G01P5/00D, G02B6/24A, G02B6/32  
**Application number:** DE19981027125 19980618  
**Priority number(s):** DE19981027125 19980618

**Also published as:**



GB2338569 (A)

FR2780167 (A1)

### Abstract of DE19827125

A fiber fixing arrangement (42-43) and a lens array (51-52) are in surface contact with one another in a plane of connection. Apparatus for generating parallel collimating beams from a fiber coupled laser diode which when superimposed in a volume for measurement by means of a transmitting optical device are suitable for illumination of the object in laser Doppler devices. A fiber fixing arrangement (4) and a lens array (5) are in surface contact with one another in a plane of connection (45). The fiber fixing arrangement is a plane parallel plate (42) and has at least two recesses (43) which are positioned in pairs symmetrically with respect to an optical axis predetermined by the transmitting optical device (71) in order to receive the transmitting fibers (31) provided by branching from the laser diode (1). The transmitting fibers are fixed orthogonally and rigidly in the plate in such a way that the end surfaces of the fibers coincide exactly with the plane of connection. The lens array consists of a plane parallel supporting plate (52) with collimating lenses (51) rigidly attached by cementing. The number of collimating lenses and the position thereof corresponds to the number and position of the supplied transmitting fibers in the fiber fixing arrangement. The parameters of the subsequent transmitting optical device and the optical path length through the supporting plate as far as the collimating lens is adapted by adjustment of the thickness of the supporting plate to the aperture of the transmitting fibers and the focal length of the transmitting optical device so that the laser narrowing of the beam (6) focused through the transmitting optical device coincide upon superimposition in the volume for measurement (8). An independent claim is also given for a method of producing apparatus for generating parallel collimated beams from a fiber coupled laser diode.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 27 125 A 1**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 P 5/00**  
G 02 B 6/32  
G 01 S 7/481

21 Aktenzeichen: 198 27 125.5  
22 Anmeldetag: 18. 6. 98  
43 Offenlegungstag: 23. 12. 99

DE 198 27 125 A 1

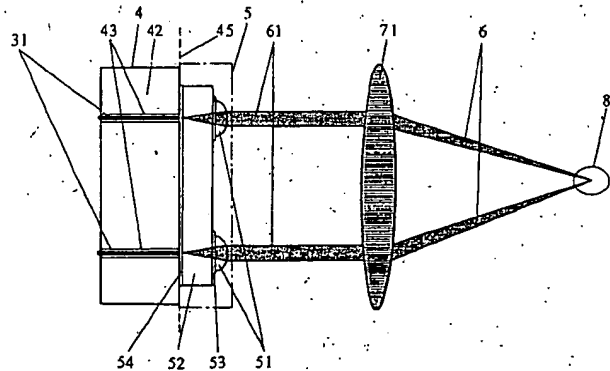
71 Anmelder:  
JENOPTIK Aktiengesellschaft, 07743 Jena, DE

72 Erfinder:  
Bauer, Jürgen, 07745 Jena, DE; Dammann,  
Ehrhard, 07743 Jena, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

54 Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus fasergekoppelten Laserdioden und Verfahren zu ihrer Herstellung

57 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus fasergekoppelten Laserdioden, die bei Überlagerung in einem Meßvolumen mittels einer Sendeoptik zur definierten Objektbeleuchtung in Laser-Doppler-Geräten geeignet sind. Die Aufgabe, eine neuartige Möglichkeit zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus fasergekoppelten Laserdioden zu finden, die die Anforderungen an den Kollimationszustand von Sendestrahlern in Laser-Doppler-Anordnungen erfüllt und einfach justierbar ist, wird erfindungsgemäß gelöst, indem eine Faserfixiereinrichtung (4) aus einer planparallelen Platte (42) besteht, die mindestens zwei bezüglich der durch die Sendeoptik (71) vorgegebenen optischen Achse paarweise symmetrische Ausnehmungen (43) zur Aufnahme der orthogonal in die Platte (42) befestigten Sendefasern (31) aufweist, wobei die Sendefasern (31) mit ihren Endflächen exakt mit der Verbindungsebene (45) übereinstimmen, an die ein starr gekoppeltes Linsenarray (5) anschließt, und das Linsenarray (5) aus einer planparallelen Trägerplatte (52) mit durch Kittung angebrachten Kollimationslinsen (51) besteht, wobei die Anzahl der Kollimationslinsen (51) sowie deren Lage in Anzahl und Position mit den zugeführten Sendefasern (31) und den Parametern der nachfolgenden Sendeoptik (71) übereinstimmt, und die optische Weglänge bis zur Kollimationslinse (51) durch Einstellen der Dicke der Trägerplatte (52) an die Apertur der Sendefasern (31) und die ...



DE 198 27 125 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Laserstrahlenbündel, die aus fasergekoppelten Laserdioden bereitgestellt werden. Derart präzise parallel und kollimiert justierte Laserstrahlenbündel werden vorzugsweise in Laser-Doppler-Geräten als Sendestrahlen zur Beleuchtung von bewegten streuenden Teilchen verwendet. Die Güte der Kollimation ist Voraussetzung für eine hohe Meßgenauigkeit.

Seit der Einführung des Lasers haben sich Laser-Doppler-Meßgeräte, wie Laser-Doppler-Anemometer (LDA), -Velocimeter (LDV), -Vibrometer und -Interferometer, als Meßverfahren für Geschwindigkeit und Länge zielstrebig entwickelt. Dabei werden bewegte Meßobjekte von einem Laserstrahl beleuchtet und die durch den Dopplereffekt erzielte Frequenzverschiebung des Streulichts ausgewertet. Besonders das sogenannte Kreuzstrahlprinzip hat sich als Laser-Doppler-Meßaufbau aufgrund seiner relativen Unempfindlichkeit gegenüber Fehljustierungen durchgesetzt. Die Meßgenauigkeit solcher Anordnungen hängt jedoch neben der Konstanz der Wellenlänge auch noch wesentlich von der Krümmung der Wellenfronten der beiden Sendestrahlen im Meßvolumen ab. Diesen Sachverhalt beschreiben F. DURST et al. in Appl. Opt. 18 (1979) 4, S. 516-524, "Influence of Gaussian beam properties on laser Doppler signals". Ideal ist deshalb - wegen der Ebenheit der Wellenfronten in der Lasertaille - eine exakte Abbildung der Lasertailen der fokussierten Sendestrahlen in das Meßvolumen. Wird ein Gaslaser als Lichtquelle verwendet, kann dessen natürliche geringe Divergenz ausgenutzt werden, um die beiden über einen Strahlteiler erzeugten Sendestrahlen mit einer Sammellinse (Sendelinse) im Meßvolumen zu überlagern.

Mit der Entwicklung der Laserdioden und deren zunehmend höherer Lebensdauer und Leistung werden diese immer häufiger in Laser-Doppler-Geräten eingesetzt. Die große Asymmetrie der Laserdiodenstrahlung und der große Öffnungswinkel (numerische Apertur) führen jedoch zu großen Schwierigkeiten bei der Erzeugung eines Gaußstrahles. Eine solche Strahltransformation ist normalerweise nur mit aufwendigen mehrlinsigen Systemen möglich. Aus diesem Grund geht man zunehmend zur Übertragung von zwei Sendestrahlen mit polarisationserhaltenden Monomodefaseren über, zumal fasergekoppelte Laserdioden verfügbar sind, die die Sendestrahlen in einen Gaußstrahl transformieren. Diese Strahlführung ermöglicht gleichzeitig eine kompakte Anordnung und eine galvanische Trennung von Elektronik und optischer Sonde.

In seinem Aufsatz "Anwendungen von Halbleiterbauelementen in der Laser-Doppler-Anemometrie, Teil II" (Laser Magazin 6/91, S. 8-15) zeigt C. TROPEA eine optische Anordnung, bei der die Empfangslinse Bohrungen aufweist, durch die der Sendestrahl ungehindert hindurchgeführt wird. Dabei verwendbare größere Durchmesser der Empfangslinse verbessern das Streulichtsignal. Jede Sendefaser wird hierbei in einer Ferrule verkittet, wobei diese Ferrulen-Faser-Anordnung mit einem Schrägschliff versehen werden muß, um eine Rückreflexion in die Faser zu unterdrücken. Schon wegen des schrägen Lichtaustritts erfordert eine solche Anordnung eine aufwendige Justierung der Kollimationsoptik zu den Faserausgängen, um die beiden Sendestrahlen zu kollimieren, exakt ins Meßvolumen abzubilden und diesen Zustand zu fixieren. Auch die gewählte Anwendung von zwei separaten Kollimationslinsen kann wegen der hohen Justieranforderungen (in zweimal 3 Translations- und 3 Rotationsfreiheitsgraden) keine ausreichende Stabilität und Reproduzierbarkeit des justierten Zustandes bringen, so daß zum Teil erhebliche Einschränkungen der Meßgenauigkeit

eingerechnet werden müssen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neuartige Möglichkeit zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus fasergekoppelten Laserdioden zu finden, die die hohen Anforderungen an den Kollimationszustand von Sendestrahlen in Laser-Doppler-Anordnungen erfüllt und einfach justierbar ist. Die Erfindung ist weiterhin darauf gerichtet, Verfahren für eine reproduzierbare Herstellung einer solchen Einrichtung zur Erzeugung kollimierter Laserstrahlenbündel anzugeben.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus einer fasergekoppelten Laserdiode, die bei Überlagerung in einem Meßvolumen mittels einer Sendeoptik geeignet sind zur Objektbeleuchtung in Laser-Doppler-Geräten, dadurch gelöst, daß eine Faserfixiereinrichtung und ein Linsenarray in einer Verbindungsebene flächig miteinander in Kontakt sind, daß die Faserfixiereinrichtung eine planparallele Platte ist und mindestens zwei Ausnehmungen, die paarweise symmetrisch bezüglich einer durch die Sendeoptik vorgegebene optische Achse angeordnet sind, zur Aufnahme der von der Laserdiode durch Verzweigung bereitgestellten Sendefasern aufweist, wobei die Sendefasern in der Platte derart starr befestigt sind, daß die Faserendflächen exakt mit der Verbindungsebene übereinstimmen, und daß das Linsenarray aus einer planparallelen Trägerplatte mit starr befestigten Kollimationslinsen besteht, wobei die Anzahl der Kollimationslinsen sowie deren Lage mit der Anzahl und Position der zugeführten Sendefasern in der Faserfixiereinrichtung und den Parametern der nachfolgenden Sendeoptik in Übereinstimmung ist und die optische Weglänge durch die Trägerplatte bis zur Kollimationslinse durch Einstellen der Dicke der Trägerplatte an die Apertur der Sendefasern und die Brennweite der Sendeoptik so angepaßt ist, daß die Lasertailen der durch die Sendeoptik fokussierten Strahlenbündel bei der Überlagerung im Meßvolumen zusammenfallen.

In der Faserfixiereinrichtung ist vorteilhaft mittig zwischen den Sendefasern und entlang der durch die Sendeoptik vorgegebenen optischen Achse eine weitere Lichtleitfaser als Empfangsfaser zur Lichtübertragung auf einen Empfänger vorgesehen, wobei an Meßobjekten im Meßvolumen gestreutes Licht über die Sendeoptik und eine gleichwertige Empfangsoptik auf das Faserende der Empfangsfaser abgebildet wird. Die Empfangsoptik weist in diesem Fall zweckmäßig Durchbrüche zum Durchlaß der Sendestrahlenbündel auf.

In einer vorteilhaften Gestaltung sind die Faserfixiereinrichtung und das Linsenarray aus einer einheitlichen planparallelen Platte gefertigt, wobei die Verbindungsebene durch hochgenaue Ausnehmungen einerseits von der Plattenvorderseite für die Faserfixierung und andererseits von der Plattenrückseite für die Linsenfassung definiert wird. Dabei reichen die Ausnehmungen für die Linsenfassung mit verringertem Durchmesser bis an die Verbindungsebene heran, wobei die Laserstrahlenbündel aus den Sendefasern in den Luftraum der jeweiligen Ausnehmung austreten und von der Kollimationslinse kollimiert werden. Um eine komplizierte Justage der Kollimationslinsen zu vermeiden, werden vorzugsweise Kugellinsen verwendet.

In einer weiteren vorteilhaften Variante sind die Faserfixiereinrichtung und das Linsenarray mittels einer brechzahlangepaßten Kittschicht starr miteinander verbunden. Bei dieser Gestaltung sind die Kollimationslinsen des Linsenarrays vorzugsweise in Form von Plankonvexlinsen mit ihrer Planfläche auf der im Lichtweg rückseitigen Oberfläche der Trägerplatte aufgeklebt. Dazu sind sowohl die Faserfixiereinrichtung als auch das Linsenarray für ihre Verkittung in

der Verbindungsebene zweckmäßig geschliffen und poliert, wobei somit in der Faserfixiereinrichtung alle Faserenden exakt in einer Ebene angeordnet sind und im Linsenarray die optische Weglänge des Verbundes aus Kittschicht, Trägerplatte und Linsenkittschicht bis zur Kollimationslinse einstellbar ist.

Es erweist sich weiterhin als vorteilhaft, wenn die Faserfixiereinrichtung eine planparallele Platte ist, die entlang einer Geraden im wesentlichen hälftig geteilt ist, mindestens eine der Teilplatten entlang der Trennfläche Nuten aufweist, die orthogonal zu den Plattenoberflächen angeordnet und so bemessen sind, daß die Fasern beim anschließenden Zusammenfügen und Verkleben der Teilplatten spielfrei durch die Teilplatten arretiert sind. Vorteilhafte Formen der Nuten sind rechteckige, keilförmige oder trapezförmige Nuten.

Bei der Anwendung der erfindungsgemäßen Kollimationseinrichtung in einem Laser-Doppler-Gerät (z. B. einem Anemometer) sind die Sendefasern vorzugsweise aus einem integriert-optischen Chip ausgekoppelt, dessen Eingang von der fasergekoppelten Laserdioden gespeist wird und auf dem ein Verzweiger sowie ein Phasenmodulator zur Frequenzverschiebung zwischen den beiden Lichtwellen der Sendefasern vorhanden sind.

Die Aufgabe der Erfindung wird mit einem Verfahren zur Herstellung einer Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus einer fasergekoppelten Laserdioden, die bei Überlagerung in einem Meßvolumen mittels einer Sendeoptik geeignet sind zur Objektbeleuchtung in Laser-Doppler-Geräten, dadurch gelöst, daß die Kollimationseinrichtung in zwei wesentlichen Teilprozessen, der Fertigung einer Faserfixiereinrichtung und eines Linsenarrays, hergestellt wird, daß zum Herstellen des Linsenarrays in eine planparallele Platte tubusförmige Ausnehmungen zur Fassung von Kollimationslinsen eingebracht werden, wobei die Positionen und die Tiefe der Ausnehmungen an die Parameter der verwendeten Sendefasern und Sendeoptik so angepaßt werden, daß die in die parallel liegenden tubusförmigen Ausnehmungen eintretenden Laserstrahlenbündel über die Sendeoptik genau mit ihren Lasertailen im Meßvolumen zur Überlagerung gebracht werden und durch die einheitliche Tiefe der tubusförmigen Ausnehmungen eine zur Oberfläche der planparallelen Platte parallele Verbindungsebene erzeugt wird, die die Berührungsfläche zur Faserfixiereinrichtung darstellt, daß zur Fertigung der Faserfixiereinrichtung in eine planparallele Platte Ausnehmungen zum genauen Fixieren von mit der Laserdioden gekoppelten Sendefasern eingebracht werden, die ein reproduzierbares Arretieren der Faserendflächen in der Verbindungsebene gewährleisten, wobei die Positionen der Ausnehmungen zu den Achsen der tubusförmigen Ausnehmungen derart ausgerichtet werden, daß die Achsen der Sendefasern mit den Tubusachsen übereinstimmen und die Sendefasern jeweils in der Verbindungsebene in die tubusförmigen Ausnehmungen einmünden.

In einer ersten vorteilhaften Ausführung des Verfahrens werden Faserfixiereinrichtung und Linsenarray aus einer einheitlichen planparallelen Platte hergestellt, wobei die Ausnehmungen der beiden Komponenten von unterschiedlichen Seiten der planparallelen Platte eingebracht werden und sich in einer virtuellen Verbindungsebene berühren. Die Ausnehmungen zur Aufnahme der Fasern werden jeweils vorzugsweise als doppelte Zylinder ausgeführt, wobei ein kleinerer Zylinderdurchmesser, der die Verbindungsebene berührt, nur den Faserkern aufnimmt und gegenüber einem größeren Zylinderdurchmesser als Anschlag bei der Einbringung der Fasern fungiert. Zur Herstellung der Ausnehmungen kann vorteilhaft ein sogenanntes LIGA-Verfahren eingesetzt werden, bei dem dreidimensionale Mikrostruktu-

ren durch Aufeinanderfolge von Lithographie mit Synchrotronstrahlung (Röntgentiefenlithographie), Galvanoformung und Abformtechnik mit Kunststoffen hergestellt werden.

In einer zweiten vorteilhaften Verfahrensvariante werden Faserfixiereinrichtung und Linsenarray aus zwei unterschiedlichen planparallelen Platten hergestellt, wobei die beiden unterschiedlichen Platten bezüglich der Faserachsen und der Achsen der tubusförmigen Ausnehmungen aufeinander abgestimmt hergestellt, in der Verbindungsebene zueinander ausgerichtet und miteinander verklebt werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe weiterhin bei einem Verfahren zur Herstellung einer Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus einer fasergekoppelten Laserdioden, die bei Überlagerung in einem Meßvolumen mittels einer Sendeoptik geeignet sind zur Objektbeleuchtung in Laser-Doppler-Geräten, dadurch gelöst, daß die Kollimationseinrichtung in zwei wesentlichen Teilprozessen, der Fertigung einer Faserfixiereinrichtung und eines Linsenarrays, hergestellt wird, daß zur Fertigung des Linsenarrays auf eine planparallele Trägerplatte plankonvexe Kollimationslinsen aufgeklebt werden, wobei deren Position und Brennweite an die Parameter des einfallenden Strahlenbündels und der nachfolgenden Sendeoptik so angepaßt ist, daß von den Kollimationslinsen kollimierte Laserstrahlenbündel über die Sendeoptik im Meßvolumen mit ihren Lasertailen zur Überlagerung gebracht werden, und die den aufgeklebten Kollimationslinsen gegenüberliegende Oberfläche der Trägerplatte als Verbindungsebene zum Verbinden des Linsenarrays mit der Faserfixiereinrichtung verwendet wird, wobei zur Einstellung der für die definierte Überlagerung der Laserstrahlenbündel im Meßvolumen geeigneten optischen Dicke aus Trägerplatte, Kollimationslinse und dazwischenliegender Kittschicht die besagte Oberfläche der Trägerplatte flächig abgeschliffen wird, bis die notwendige Dicke erreicht ist, daß zur Herstellung der Faserfixiereinrichtung in eine weitere planparallele Platte durchgängige Ausnehmungen zur genauen Fixierung von mit der Laserdioden gekoppelten Sendefasern eingebracht werden, die ein orthogonales Arretieren der Sendefasern bezüglich der Plattenoberfläche in den Ausnehmungen gewährleisten, wobei die Positionen der Ausnehmungen zu den Achsen der Kollimationslinsen derart ausgerichtet werden, daß die Achsen der Sendefasern mit denen der Kollimationslinsen übereinstimmen, die Sendefasern jeweils in die Ausnehmungen eingeschoben und anschließend verklebt werden, wobei die durch die rückseitige Plattenoberfläche vorgegebene Verbindungsebene von den Sendefasern durchstoßen wird, und die überstehenden Enden der Sendefasern bis auf die rückseitige Plattenoberfläche als Verbindungsebene abgeschliffen werden, daß die Faserfixiereinrichtung und das Linsenarray mit ihren als Verbindungsebenen definierten Plattenoberflächen zusammengefügt und verklebt werden, wobei die Faserachsen mit den Achsen der Kollimationslinsen in Übereinstimmung gebracht werden.

Es erweist sich bei der Ausnutzung von an Objekten rückgestreutem Licht als Vorteil, mittig zwischen den Ausnehmungen für die Sendefasern eine weitere Ausnehmung zur Aufnahme einer Empfangsfaser einzubringen.

Für sämtliche Ausnehmungen in der Faserfixiereinrichtung stehen unterschiedliche Möglichkeiten der Einbringung in die planparallele Platte zur Verfügung.

Zum einen können die Ausnehmungen durch Laserbohren eingebracht werden, wobei diese zweckmäßig zylindrisch oder konisch ausgeführt werden. Bei geeigneter Wahl des Zylinderdurchmessers (als Kompromiß zwischen passgenauer Faserführung und zuverlässiger Einbringung der Faser mit Klebstoff) wird mit der Verklebung des Faserman-

tels zugleich eine Zugentlastung erreicht. Für bestimmte Bedingungen der Faserbeanspruchung zeigt es sich als Vorteil, den Faserkern separat in der planparallelen Platte zu verkleben, indem die Ausnehmung als doppelter Zylinder, der zum einen dem Kerndurchmesser und zum anderen dem Manteldurchmesser der Faser angepaßt ist, ausgeführt wird. Für die Einklebung wird der Faserkern am Faserende freigelegt.

Im konischen Fall werden die Ausnehmungen vorzugsweise mit ihrem großen Durchmesser größer als der Außendurchmesser der Sendefasern ausgeführt und mit ihrem kleinen Durchmesser in der Verbindungsebene an den Außendurchmesser der Sendefasern angepaßt, wobei sich wie bei zylindrischer Ausnehmung die Zugentlastung ergibt und die Montage vereinfacht wird. Soll auch hier der Faserkern extra arretiert sein, ist der kleine Konusdurchmesser auf den Kerndurchmesser abzustimmen und das Faserende entsprechend zu entmanteln. Weiterhin wird mit dieser Maßnahme eine automatische Zentrierung der Fasern erreicht.

Eine besonders zuverlässige und genaue Justierung der Sendefasern in der Faserfixiereinrichtung geschieht durch Teilen der verwendeten planparallelen Platte senkrecht zu den Plattenflächen, Einbringen von Nuten zur Aufnahme der Fasern in mindestens eine der Trennflächen und Zusammenfügen der Trennflächen nach dem Einlegen der Fasern in die Nuten. Dabei werden die Nuten vorteilhaft keil- oder trapezförmig angefertigt und so bemessen, daß beim Zusammenfügen der Teilplatten die eingelegten Fasern im wesentlichen spielfrei eingeschlossen und zusätzlich verklebt werden.

Die Erfindung basiert auf der Überlegung, daß die Justierung und Fixierung von Fasern aus fasergekoppelten Laserdioden bezüglich der notwendigen Kollimationslinsen und einer nachfolgenden fokussierenden Optik nur dadurch vereinfacht und reproduzierbar durchgeführt werden können, wenn die Anzahl der notwendigen Justierfreiheitsgrade (für zwei Sendefasern: zweimal drei Translations- und drei Rotationsfreiheitsgrade) deutlich reduziert wird. Dazu wird gemäß der Erfindung – abgestimmt auf das fokussierende optische System (Sendeoptik) und die Parameter der verwendeten Fasern – ein Verbundsystem aus einer Faserfixiereinrichtung und einem Linsenarray innerhalb enger Fertigungstoleranzen vorgeschlagen, mit dem Translations- und Rotationsfreiheitsgrade der Fasern und der Kollimationslinsen untereinander sowie der Faserenden und der Kollimationslinsen zueinander entfallen, so daß lediglich ein Rotationsfreiheitsgrad und zwei Translationsfreiheitsgrade für den konkreten Einsatzfall (z. B. in einem Laser-Doppler-Anemometer) mechanisch-optisch justiert werden müssen. Durch einfache Herstellungsschritte, bei denen Fertigungstoleranzen klein gehalten oder nachträglich (z. B. durch Planschleifen) korrigiert werden können, wird bei Herstellung und Justierung der erfindungsgemäßen Kollimationseinrichtung eine sehr große Reproduzierbarkeit erreicht.

Die erfindungsgemäße Einrichtung ermöglicht die Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus fasergekoppelten Laserdioden, die die hohen Anforderungen an den Kollimationszustand von Sendestrahlen in Laser-Doppler-Anordnungen erfüllen, und ist einfach justierbar. Die Erfindung gewährleistet weiterhin eine reproduzierbare Justierung bei der Herstellung einfacher Verbundkomponenten für die Ankopplung von Lichtleitfasern und Kollimationslinsen.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Optikschemata eines Kreuzstrahl-LDA gemäß dem Stand der Technik

Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Optikschemata zur Erzeugung von kollimierten Sendestrahlen mit einem Verbund aus zwei planparallelen Platten zur Faserfixierung und zur An-

ordnung der Kollimationslinsen,

Fig. 3 ein erfindungsgemäßes Optikschemata zur Erzeugung von kollimierten Sendestrahlen mit einer einheitlichen planparallelen Platte

Fig. 4 ein vollständiges Optikschemata zur Anwendung der erfindungsgemäßen Einrichtung in einem LDA

Fig. 5 eine Variante der Faserfixiereinrichtung mit konischen Ausnehmungen zur Aufnahme von vier Sendefasern und einer Empfangsfaser,

Fig. 6 eine Variante der Faserfixiereinrichtung mit zylindrischen Ausnehmungen zur Aufnahme von zwei Sendefasern und einer Empfangsfaser,

Fig. 7 eine Variante zur Gestaltung der Faserfixiereinrichtung aus zwei Teilplatten mit Nuten zur Aufnahme der Fasern.

Zur besseren Herausarbeitung der Erfindung ist in Fig. 1 ein dem Stand der Technik entsprechendes Schema für ein faseroptisches Laser-Doppler-Anemometer (LDA) nach dem Kreuzstrahl-Prinzip unter Ausnutzung des von bewegten Objekten rückgestreuten Lichts dargestellt. Die von einer fasergekoppelten Laserdiode 1 ausgehende Lichtleitfaser 3 wird dabei in einen Lichtteiler- und Modulatorbaustein 2 geführt, der das Licht in zwei Sendefasern 31 aufteilt und eine Frequenzdifferenz zwischen beiden Sendefasern 31 erzeugt. Die Sendefasern 31 sind polarisationserhaltende Monomodefasern mit beliebiger Länge, so daß die nachfolgenden Elemente in einem handlichen Sondenkopf zusammengefaßt werden können. Die Enden der Sendefasern 31 werden zu ihrer hochgenauen Justierung in sogenannten Ferrulen 41 gefaßt. Um Rückreflexionen an der Faserendfläche zu vermeiden, ist jede Ferrule am Ende mit einem Schrägschliff versehen, wobei sich der in dem vergrößerten Kreis-ausschnitt (übertrieben) dargestellte Strahlverlauf ergibt. Das divergent austretende Strahlenbündel wird an der schrägen Faserendfläche gebrochen und verläßt also unter dem gekennzeichneten Winkel zur Faserachse die Sendefaser 31. Folglich ist für die Erzeugung eines kollimierten Sendestrahlenbündels 61 auch die Achse der Kollimationsoptik 51 leicht geneigt angeordnet und erschwert die Justierung der gesamten Freistrahloptik erheblich. Daran verbessert auch die kompakte Optikeinheit aus parametergleicher Sendeoptik 71 und Empfangsoptik 72 nur wenig. Die Empfangsoptik 72, die zur Aufnahme von möglichst viel Streulicht größer als der Abstand der Sendestrahlen 31 sein soll, weist Durchbrüche zum unbeeinflussten Durchlaß der Sendestrahlen 31 auf. Damit ergeben sich sehr strenge Anforderungen an den Kollimationszustand der Sendestrahlen 31 sowie die Justierung der Sendestrahlenbündel im Meßvolumen 8, dem Kreuzungspunkt der Strahlen beim danach benannten Kreuzstrahlprinzip. Diese Anforderungen machen die Justierung aufgrund der Vielzahl der erforderlichen Einzeljustierungen (Ferrulen 41 mit Achsenverkipfung zu Kollimationslinsen 51 und zu den Sende- und Empfangsoptiken 71 und 72) und der Anzahl der Freiheitsgrade jedes einzelnen Elements (3 Translations- und 3 Rotationsfreiheitsgrade) sehr aufwendig, störanfällig und kaum reproduzierbar.

Beim meist verwendeten und in Fig. 1 dargestellten Rückstreuprinzip wird im Meßvolumen 8 durch Streuung an bewegten Objektteilchen eine Intensitätsmodulation erzeugt. Über die Sendeoptik 71 und die Empfangsoptik 72 wird dieser zeitliche Intensitätsverlauf als fokussiertes Streulicht 62 auf die ebenfalls von einer Ferrule 41 gehaltenen Empfangsfaser 32 abgebildet. Mittels der Empfangsfaser 32, einer Multimodefaser, wird der Empfänger 9, der häufig eine Avalanche-Photodiode (APD) beinhaltet, mit dem intensitätsmodulierten Streulicht beaufschlagt und eine Auswerteeinheit zur Auswertung von Dopplerfrequenzverschiebungen zur Bestimmung von Dopplerfrequenz und ab-

geleiteter Größen, wie Geschwindigkeit oder Länge der Bewegung, veranlaßt.

Dem gegenüber ist die Erfindung – bei gleichem Prinzipaufbau (Kreuzstrahl-Prinzip) eines beliebigen Laser-Doppler-Meßgerätes – speziell darauf gerichtet, die kritische Justierung zwischen den Enden der Sendefasern 31 und den Kollimationslinsen 51 zu vereinfachen und die Anzahl der Justierfreiheitsgrade zu verringern.

Eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel besteht in ihrem Grundaufbau – wie in Fig. 2 dargestellt – aus einer Faserfixiereinrichtung 4 und einem Linsenarray 5, die in einer Verbindungsebene 45 starr miteinander verbunden sind. Die Besonderheit der Faserfixiereinrichtung 4 liegt darin, daß für alle Sendefasern 31 eine planparallele Platte 42 vorgesehen ist, in die orthogonal durchstoßende Ausnehmungen 43 maßhaltig in Übereinstimmung mit den geometrisch-optischen Abbildungsverhältnissen der Sendeoptik 71 und den Abmessungen der Sendefasern 31 eingebracht sind. Die Sendefasern 31 sind orthogonal in der planparallelen Platte 42 so fixiert, daß die Endflächen der Sendefasern 31 exakt mit der rückseitigen Plattenoberfläche, die zugleich die Verbindungsebene 45 zum Faserarray 5 darstellt, bündig abschließen. Dieser Justierzustand wird herstellungstechnisch zunächst durch Einschieben und Verkleben der Sendefasern 31 mit Überstand der Faserenden und anschließend durch Abschleifen der Sendefasern 31 bis auf die Oberfläche der Platte 42 exakt erreicht.

Das Linsenarray 5 enthält den Sendefasern 31 im Faserarray 4 bezüglich Anzahl und Abstand zugeordnete Kollimationslinsen 51 und besteht in dieser Variante aus einer planparallelen Trägerplatte 52 aus optischem Glas (vorzugsweise Quarzglas), auf die die Kollimationslinsen 51 aufgeklebt sind. Die Kollimationslinsen 51 sind Plankonvexlinsen, vorzugsweise Halbkugellinsen, die mittels einer Kittschicht 53 mit der Trägerplatte 52 einen optischen Verbund bilden. Dieser Verbund ist in seinen Brechzahlen von Trägerplatte 52, Linsenkittschicht 53 und Kollimationslinsen 51 an die Brechzahl der Sendefasern 31 angepaßt. Eine Kittschicht 54, durch die das Linsenarray 5 starr mit der Faserfixiereinrichtung 4 verbunden ist, weist ebenfalls eine auf die Brechzahl der Sendefasern 31 abgestimmte Brechzahl auf, so daß damit Rückreflexionen an den Faserendflächen weitgehend vermieden werden.

Eine wesentliche Funktion im Linsenarray 5 kommt der optischen Dicke der Trägerplatte 52 zusammen mit den angrenzenden Kittschichten, der Linsenkittschicht 53 und der Kittschicht 54, zu, weil damit die Abstandsverhältnisse der Kollimationslinsen 51 zu den Enden der Sendefasern 31 eingestellt werden.

Abweichungen gegenüber der errechneten Dicke von Trägerplatte 52 und Linsenkittschicht 53, die durch Fertigungstoleranzen der Linsenkittschicht 53 entstehen, werden bei der Herstellung des Linsenarrays 5 durch nachträgliches Planschleifen der den Kollimationslinsen 51 gegenüberliegenden Oberfläche der Trägerplatte 52 beseitigt. Beim Verkitten von Faserfixiereinrichtung 4 und Linsenarray 5 sind in der Verbindungsebene 45 lediglich noch ein Rotationsfreiheitsgrad und zwei Translationsfreiheitsgrade zu justieren, wobei dieser Justiervorgang einmalig durchgeführt wird und der erreichte Zustand dann stabil erhalten bleibt. Die Justierung erfolgt dabei durch Einspeisung von Licht in die Sendefasern 31 und Kontrolle des Kollimationszustandes der parallelen Sendestrahlenbündel 61 oder – wie weiter unten zu Fig. 5 und 6 noch spezieller ausgeführt – Kontrolle des über die Sendeoptik 71 fokussierten Zustandes der Lasertailen im Meßvolumen 8 unter Einbeziehung einer Empfangsfaser 32, Sendeoptik 71 und Empfangsoptik 72 als

vollständige Justierung des Sende- und Empfangskanals innerhalb eines Vorgangs.

Fig. 3 stellt den gleichen Grundaufbau der erfindungsgemäßen Kollimationsanordnung aus Faserfixiereinrichtung 4 und Linsenarray 5 dar, wobei in diesem Fall die Faserfixiereinrichtung 4 zusätzlich zu den Ausnehmungen 43 für die Sendefasern 31 eine weitere Ausnehmung 43 zur Aufnahme einer Empfangsfaser 32, die mittig zwischen den Sendefasern 31 in derselben Ebene (Zeichenebene) positioniert ist, aufweist. Im Linsenarray 5 sind ebenfalls Ausnehmungen vorhanden, die als tubusförmige Ausnehmungen 55 zur Fassung der Kollimationslinsen 51 vorgesehen sind. Diese Variante läßt sich geeignet, d. h. mit ausreichender Genauigkeit, beispielsweise mit dem sogenannten LIGA-Verfahren herstellen. Das LIGA-Verfahren ist ein spezielles Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen durch die Prozesse Lithographie mit Synchrotronstrahlung (Röntgentiefenlithographie), Galvanoformung und Kunststoff-Abformung. Faserfixiereinrichtung 4 und Linsenarray 5 können dabei als getrennte planparallele Platten in dieser Weise in besonders engen Toleranzgrenzen gefertigt werden. Es ist aber auch vorteilhaft, wie in Fig. 3 dargestellt, durch Abformung der Ausnehmungen 43 und 55 mittels zweier unterschiedlicher Abformwerkzeuge, die sich gegenüberstehen und in der Verbindungsebene 45 berühren, eine einheitliche planparallele Platte zu erzeugen. Wie man Fig. 3 weiter entnehmen kann, sind die Ausnehmungen 43 für die Sendefasern 31 und die Empfangsfaser 32 jeweils in zwei unterschiedlichen Durchmessern gefertigt, so daß nach definierter Freilegung der Faserkerne 33 für die Sende- und Empfangsfasern 31 und 32 ein Anschlag vorhanden ist, der die Faserenden exakt in der Verbindungsebene positioniert. Die Kollimationslinsen 51, vorzugsweise in Form von Kugellinsen, werden ebenfalls durch entsprechend angelegte Anschläge innerhalb der tubusförmigen Ausnehmungen 55 zuverlässig positioniert und – wie auch die Sende- und Empfangsfasern 31 und 32 – durch Verkleben arretiert. Um das von den bewegten Objektteilen rückgestreute Licht möglichst ungeschwächt auf die Empfangsfaser 32 abzubilden, wird für das von den (in Fig. 3 nicht dargestellten) Sende- und Empfangsoptiken 71 und 72 fokussierte Streulicht 62 zweckmäßig eine geeignete Ausnehmung vorgesehen.

In Fig. 4 ist eine erfindungsgemäße Kollimationsanordnung im Optikschemata eines faseroptischen Laser-Doppler-Anemometers (LDA) angewendet. Das Licht einer fasergekoppelten Laserdioden 1 wird zur Teilung in zwei Sendestrahlen 31 und Erzeugung einer Frequenzshift auf einen integriert-optischen Chip (IOC) 21 geleitet. Der IOC 21 enthält einen Y-Verzweiger 22 sowie einen elektrooptischen Phasenmodulator 23, der durch seine Elektroden dargestellt ist. Die den IOC 21 verlassenden Sendefasern 31 sind polarisationserhaltende Monomodefasern und mit ihren Enden in die Ausnehmungen 43 der planparallelen Platte 42 der Faserfixiereinrichtung 4 eingeklebt. Über die starr gekoppelte Trägerplatte 52 mit den darauf gekitteten Kollimationslinsen 51 als Linsenarray 5 werden parallele, kollimierte Sendestrahlenbündel 61 erzeugt, die eine Durchbrüche aufweisende Empfangslinse 72 unbeeinflusst passieren und mittels einer Sendeoptik 71 mit ihren Lasertailen in das Meßvolumen 8 fokussiert werden. Im Meßvolumen 8 wird infolge der im Phasenmodulator 23 erzeugten Frequenzdifferenz zwischen den zwei Sendestrahlen 31 ein Interferenzstreifenmuster erzeugt. Bei der Durchquerung des Meßvolumens 8 streuen bewegte Objektteile das auf sie fallende Laserlicht aufgrund des Streifenmusters intensitätsmoduliert. Über das System aus Sendeoptik 71 und Empfangsoptik 72, die optisch gleichwertig sind, wird ein Teil des Streulichts (in diesem Fall rückgestreutes Licht) als fokussiertes Streu-

licht 62 auf die mittig zwischen den Sendefasern 31 in der Platte 42 eingeklebte Empfangsfaser 32 abgebildet. Die Empfangsfaser 32 leitet das modulierte Licht auf den Empfänger 9 weiter, der vorzugsweise eine Avalanche-Photodiode (APD) ist, an die sich eine übliche Auswertung der Dopplerfrequenz und Berechnung der abgeleiteten Größen, wie Geschwindigkeiten und Weglängen, der bewegten Objekte anschließt.

Fig. 5 zeigt im oberen Teil eine Draufsicht auf die Faserfixiereinrichtung 4, die in diesem Beispiel eine kreisförmige planparallele Platte 42 mit einer Empfangsfaser 32 und vier Sendefasern 31 ist. Die hier gewählte symmetrische Anordnung von zwei Paaren von Sendefasern 31 hat zum einen höhere thermische Stabilität zur Folge und ermöglicht zum anderen die Vermessung von Teilchenbewegungen mit Bewegungskomponenten in zwei Koordinatenrichtungen im Meßvolumen 8. Als Materialien für die Platte 42 können verschiedene Werkstoffe, wie Glas, Glaskeramik und bestimmte Stahlsorten, unter der Voraussetzung eingesetzt werden, daß deren lineare Ausdehnungskoeffizienten an die des Linsenarrays 5 und der Sende- und Empfangsfasern 31 und 32 angepaßt sind.

Im unteren Teil von Fig. 5 ist ein Schnitt entlang der Linie A-A der Draufsicht dargestellt. Dabei haben die Ausnehmungen 43 eine konische Form. Um eine einfachere und genaue Zentrierung aller Fasern 3 zu erreichen, ist der kleine Durchmesser der konusförmigen Ausnehmung 43 an der Oberfläche der Platte 42, die die Verbindungsebene 45 mit dem Linsenarray 5 bildet, an die Durchmesser der Faserkerne 33 von Sendefasern 31 und Empfangsfaser 32 abgestimmt und der große Durchmesser größer als die Außendurchmesser der Sende- und Empfangsfasern 31 und 32, die dann am Faserende entmantelt werden müssen. Die Enden aller Faserkerne 33 sind bündig mit der Verbindungsebene 45. Der Herstellungsvorgang läßt sich unkompliziert gestalten, wenn der Außendurchmesser der Fasern 3 in den konischen Ausnehmungen 43 etwa in der Mitte der Platte 42 liegt. In diesem Fall zentrieren sich die Sende- und Empfangsfasern 31 und 32 selbst, wenn sie mit Klebstoff versehen in die konischen Ausnehmungen 43 eingeführt werden. Dabei kommt der Abmessung des freigelegten Faserkerns 33 keinerlei Bedeutung zu, da der Faserkern 33 die Oberfläche der Platte 42, die die Verbindungsebene 45 zum Linsenarray 5 bildet, beliebig weit durchstoßen kann, wenn dieser Überstand nach der Verklebung der Fasern 3 abgeschliffen wird.

In Fig. 6 ist die Faserfixiereinrichtung 4 in gleicher Weise (in Draufsicht und als Schnitt) wie in Fig. 5 dargestellt. Die Faserfixiereinrichtung 4 ist wiederum eine kreisförmige planparallele Platte 42, in die entlang einer Durchmesserlinie (Schnittebene B-B) zwei Sendefasern 31 und eine mittig dazwischen positionierte Empfangsfaser 32 aufweist. Wie die Schnittdarstellung B-B zeigt, sind hier die Ausnehmungen 43 für sämtliche Fasern 3 zylindrisch und werden herstellungstechnisch mit ausreichender Genauigkeit vorzugsweise durch Laserbohren in die Platte 42 eingebracht. Die Fasern 3 werden dann durch die Ausnehmungen 43 so eingeschoben und verklebt, daß sie die als Verbindungsebene 45 dienende Oberfläche der Platte 42 durchstoßen. Nach Aushärtung des Klebers werden durch Planschleifen die Enden der Sende- und Empfangsfasern 31 und 32 exakt bündig mit der Verbindungsebene 45 in Übereinstimmung gebracht.

Für die Fälle der Gestaltung der Faserfixiereinrichtung 4 gemäß den Fig. 5 und 6 mit Einbringung der Empfangsfaser 32 zwischen den Sendefasern 31 wird neben den eigentlichen Positionierungsvorteilen der Fasern 3 zusätzlich eine einheitliche Justierung der Sendestrahlenbündel 61 zu der

Abbildung des fokussierten Streulichts 62 möglich. Dabei werden die kollimierten Sendestrahlenbündel 61 mit ihren Laserteilen in das Meßvolumen 8 fokussiert und zugleich die Empfangsfaser 32 während der Justierung und Verkitung von Faserfixiereinrichtung 4 und Linsenarray 5 als Lichteingang benutzt und das Faserende der Empfangsfaser 32 auf denselben Punkt im Meßvolumen 8 abgebildet. Der Justierzustand wird auf einem Monitor beobachtet, optimiert und gehalten, bis er schließlich mit der Aushärtung der Kittschicht 54 fixiert ist.

In Fig. 7 ist eine weitere Draufsicht auf die planparallele Platte 42 der Faserfixiereinrichtung 4, die wiederum zwei Sendefasern 31 und eine Empfangsfaser 32 definiert haltet, dargestellt. Die Besonderheit liegt in diesem Beispiel in der besonderen Art der Herstellung der Platte 42, die in diesem Fall aus zwei Teilplatten 47 besteht. Obwohl beide Teilplatten 47 prinzipiell aus verschiedenen Materialien bestehen können, da sie optisch ohne Funktion sind, wird vorzugsweise eine einheitliche Platte 42 entlang einer Ebene orthogonal zu den Plattenoberflächen geteilt. In eine der dabei entstehenden Trennflächen werden Nuten 48 entsprechend den oben beschriebenen optischen Erfordernissen eingebracht, in die die Sendefasern 31 im gleichen Abstand beiderseits von der Empfangsfaser 32 eingelegt werden. Die Nuten 48 sind in diesem Beispiel keilförmig. Sie können auch trapezförmigen oder rechteckigen Querschnitt aufweisen. In jedem Fall sind sie so tief in die Trennfläche einzubringen, daß die Fasern 3 – auch bei unterschiedlicher Dicke der Sende- und Empfangsfasern 31 und 32 – um den gleichen Betrag aus der Trennfläche herausragen. Beim Verkleben mit der anderen Teilplatte 47 werden dadurch sämtliche Fasern 3 spielfrei und orthogonal arretiert. Die Plattenverklebung 49 dient nur noch der Fixierung des arretierten Zustandes. Sind die Durchmesser von Sende- und Empfangsfasern 31 bzw. 32 allerdings zu verschieden, so daß die Abweichung von der einheitlichen Ebene der Sende- und Empfangsfasern 31 und 32 wegen der zu erwartenden Verluste bei Aufnahme des fokussierten Streulichts 62 (siehe Fig. 4) nicht mehr toleriert werden kann, werden zweckmäßig in beide Teilplatten 47 Nuten 48 eingebracht.

Nach dem Verkleben der Teilplatten 47 wird die gesamte Platte 42, insbesondere zur Einebnung der Faserenden der Sende- und Empfangsfasern 31 und 32, plangeschiffen und erhält damit wiederum die erforderliche Übereinstimmung der Faserenden mit der Verbindungsebene 45 zur Ankopplung an das Linsenarray 5.

Mit der erfindungsgemäßen Art der Herstellung definierter Verhältnisse der Faserenden der Sendefasern 31 und der Empfangsfaser 32 ergibt sich ein weiterer Vorteil für den ohnehin schon vereinfachten optischen Justiervorgang (nur noch zwei Translationsfreiheitsgrade und ein Rotationsfreiheitsgrad). In diesem Fall wird der Verbund aus Faserfixiereinrichtung 4 und Linsenarray 5 bei der Verklebung durch die Kittschicht 54 entlang der Verbindungsebene 45 (siehe Fig. 2 und 4) am einfachsten realisiert, indem in die Empfangsfaser 32 Licht eingespeist wird. Durch Positionieren eines ausreichend gut reflektierenden oder streuenden (stationären) Objekts im Meßvolumen 8 wird dann der Fokussierzustand der zurücklaufenden, durch die Kollimationslinsen 51 auf die Enden der Sendefasern 31 fokussierten Strahlenbündel 6 während des Kittvorganges optimiert. Damit ist ein ausreichend genaues, reproduzierbares und besonders einfaches Verfahren zur Herstellung einer Kollimationsanordnung gegeben.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Laserdiode (fasergekoppelt)



2	Lichtteiler- und Modulatorbaustein	
21	IOC (integriert-optischer Chip)	
22	Y-Verzweiger	
23	Phasenmodulator	
3	Fasern	5
31	Sendefasern	
32	Empfangsfaser	
33	Faserkern	
4	Faserfixiereinrichtung	
41	Ferrule	10
42	(planparallele) Platte	
43	Ausnehmung	
44	Laserbohrung	
45	Verbindungsebene	
46	Faserverklebung	15
47	Teilplatte	
48	Nuten	
49	Plattenverklebung	
5	Linsenarray	
51	Kollimationslinsen	20
52	Trägerplatte	
53	Linse Kittschicht	
54	Kittschicht	
55	tubusförmige Ausnehmung	
6	Strahlenbündel	25
61	Sendestrahlbündel	
62	fokussiertes Streulicht	
71	Sendeoptyk	
72	Empfangsoptyk	
8	Meßvolumen	30
9	Empfänger	

## Patentansprüche

1. Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus einer fasergekoppelten Laserdiode, die bei Überlagerung in einem Meßvolumen mittels einer Sendeoptyk geeignet sind zur Objektbeleuchtung in Laser-Doppler-Geräten, dadurch gekennzeichnet, daß
  - eine Faserfixiereinrichtung (4) und ein Linsenarray (5) in einer Verbindungsebene (45) flächig miteinander in Kontakt sind,
  - die Faserfixiereinrichtung (4) eine planparallele Platte (42) ist und mindestens zwei Ausnehmungen (43), die paarweise symmetrisch bezüglich einer durch die Sendeoptyk (71) vorgegebenen optischen Achse angeordnet sind, zur Aufnahme der von der Laserdiode (1) durch Verzweigung bereitgestellten Sendefasern (31) aufweist, wobei die Sendefasern (31) orthogonal und starr in der Platte (42) derart befestigt sind, daß die Faserendflächen exakt mit der Verbindungsebene (45) übereinstimmen, und
  - das Linsenarray (5) aus einer planparallelen Trägerplatte (52) mit durch Kittung starr angebrachten Kollimationslinsen (51) besteht, wobei die Anzahl der Kollimationslinsen (51) sowie deren Lage mit der Anzahl und Position der zugeführten Sendefasern (31) in der Faserfixiereinrichtung (4) und den Parametern der nachfolgenden Sendeoptyk (71) in Übereinstimmung sind und die optische Weglänge durch die Trägerplatte (52) bis zur Kollimationslinse (51) durch Einstellen der Dicke der Trägerplatte (52) an die Apertur der Sendefasern (31) und die Brennweite der Sendeoptyk (71) so angepaßt ist, daß die Lasertailen der durch die Sendeoptyk (71) fokussierten Strahlen-

- bündel (6) bei der Überlagerung im Meßvolumen (8) zusammenfallen.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Faserfixiereinrichtung (4) mittig zwischen den Sendefasern (31) und entlang der durch die Sendeoptyk (71) vorgegebenen optischen Achse eine weitere Lichtleitfaser (3) als Empfangsfaser (32) zur Lichtübertragung auf den Empfänger (9) vorgesehen ist, wobei an Meßobjekten im Meßvolumen (8) gestreutes Licht über die Sendeoptyk (71) und eine gleichwertige Empfangsoptyk (72) auf das Faserende der Empfangsfaser (32) abgebildet wird.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangsoptyk (72) Durchbrüche zum Durchlaß der Sendestrahlbündel (6) aufweist.
4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserfixiereinrichtung (4) und das Linsenarray (5) aus einer einheitlichen planparallelen Platte gefertigt sind, wobei die Verbindungsebene (45) durch hochgenaue Ausnehmungen (43; 55) einerseits von der Plattenvorderseite für die Faserfixierung und andererseits von der Plattenrückseite für die Linsenfassung definiert wird.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen für die Linsenfassung als tubusförmige Ausnehmung (55) bis an die Verbindungsebene (45) heranreichen; wobei die Laserstrahlbündel (6) aus den Sendefasern (31) divergent in die jeweilige tubusförmige Ausnehmung (55) austreten und von der Kollimationslinse (51) kollimiert werden.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kollimationslinsen (51) Kugellinsen sind.
7. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserfixiereinrichtung (4) mittels einer brechzahlangepaßten Kittschicht (54) starr mit dem Linsenarray (5) verbunden ist.
8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kollimationslinsen (51) in Form von Plankonvexlinsen mit ihrer Planfläche auf der im Lichtweg rückseitigen Oberfläche der Trägerplatte (52) aufgeklebt sind.
9. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Faserfixiereinrichtung (4) als auch das Linsenarray (5) für ihre Verkitung in der Verbindungsebene (45) geschliffen und poliert sind, wobei damit in der Faserfixiereinrichtung (4) alle Faserenden exakt in einer Ebene angeordnet sind und im Linsenarray (5) die optische Weglänge des Verbundes aus Kittschicht (54), Trägerplatte (52) und Linsen Kittschicht (53) bis zur Kollimationslinse (51) einstellbar ist.
10. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserfixiereinrichtung (4) eine planparallele Platte (42) ist, die entlang einer Geraden im wesentlichen hälftig geteilt ist, und mindestens eine der Teilplatten (47) in der Trennfläche Nuten (48) aufweist, die orthogonal zu den Plattenoberflächen angeordnet und so bemessen sind, daß die Fasern (31; 32) beim anschließenden Zusammenfügen und Verkleben der Teilplatten (47) spielfrei durch die Teilplatten (47) arretiert sind.
11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Nuten (48) in der Trennfläche rechteckige Nuten (48) sind.
12. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Nuten (48) in der Trennfläche keilförmige Nuten (48) sind.
13. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß die Nuten (48) in der Trennfläche trapezförmige Nuten (48) sind.

14. Einrichtung nach Anspruch 3 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendefasern (31) aus einem integriert-optischen Chip (21) ausgekoppelt sind, dessen Eingang von der fasergekoppelten Laserdiode (1) gespeist wird und auf dem ein Verzweiger (22) sowie ein Phasenmodulator (23) zur Frequenzverschiebung zwischen den beiden Lichtwellen der Sendefasern (31) vorhanden sind.

15. Verfahren zur Herstellung einer Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus einer fasergekoppelten Laserdiode, die bei Überlagerung in einem Meßvolumen mittels einer Sendeoptik geeignet sind zur Objektbeleuchtung in Laser-Doppler-Geräten, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Kollimationseinrichtung in zwei wesentlichen Teilprozessen, der Fertigung einer Faserfixiereinrichtung (4) und eines Linsenarrays (5), hergestellt wird,
- zum Herstellen des Linsenarrays (5) in eine planparallele Trägerplatte (52) tubusförmige Ausnehmungen (55) zur Fassung von Kollimationslinsen (51) eingebracht werden, wobei die Positionen und die Tiefe der tubusförmigen Ausnehmungen (55) an die Parameter der verwendeten Sendefasern (31) und Sendeoptik (71) so angepaßt werden, daß die in die parallelen tubusförmigen Ausnehmungen (55) eintretenden Laserstrahlenbündel (6) über die Sendeoptik (71) genau mit ihren Lasertailen im Meßvolumen (8) zur Überlagerung gebracht werden und durch die einheitliche Tiefe der tubusförmigen Ausnehmungen (55) eine zur Oberfläche der planparallelen Trägerplatte (52) parallele Verbindungsebene (45) erzeugt wird, die die Berührungsfläche zur Faserfixiereinrichtung (4) darstellt,
- zur Fertigung der Faserfixiereinrichtung (4) in eine planparallele Platte (42) Ausnehmungen (43) zum genauen Fixieren von mit der Laserdiode (1) gekoppelten Sendefasern (31) eingebracht werden, die ein reproduzierbares Arretieren der Faserendflächen in der Verbindungsebene (45) gewährleisten, wobei die Positionen der Ausnehmungen (43) zu den Achsen der tubusförmigen Ausnehmungen (55) derart ausgerichtet werden, daß die Achsen der Sendefasern (31) mit den Achsen der tubusförmigen Ausnehmungen (55) übereinstimmen und die Sendefasern (31) jeweils in der Verbindungsebene (45) in die tubusförmigen Ausnehmungen (55) einmünden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß Faserfixiereinrichtung (4) und Linsenarray (5) als eine einheitliche planparallele Platte hergestellt werden, wobei die Ausnehmungen (43; 55) der beiden Komponenten von unterschiedlichen Seiten der planparallelen Platte eingebracht werden und sich in einer virtuellen Verbindungsebene (45) berühren.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (43) zur Aufnahme der Fasern (31; 32) jeweils als doppelte Zylinder ausgeführt werden; wobei ein kleinerer Zylinderdurchmesser, der die Verbindungsebene (45) berührt, nur den Faserkern (33) aufnimmt und gegenüber dem größeren Zylinderdurchmesser als Anschlag bei der Einbringung der Fasern (31; 32) fungiert.

18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Ausnehmungen (43;

55) ein sogenanntes LIGA-Verfahren eingesetzt wird. 19. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß Faserfixiereinrichtung (4) und Linsenarray (5) aus zwei unterschiedlichen planparallelen Platten (42; 52) hergestellt werden, wobei die beiden unterschiedlichen Platten (42; 52) bezüglich der Achsen der Fasern (31) und der tubusförmigen Ausnehmungen (55) in der Verbindungsebene (45) zueinander ausgerichtet und miteinander verklebt werden.

20. Verfahren zur Herstellung einer Einrichtung zur Erzeugung paralleler kollimierter Strahlenbündel aus einer fasergekoppelten Laserdiode, die bei Überlagerung in einem Meßvolumen mittels einer Sendeoptik geeignet sind zur Objektbeleuchtung in Laser-Doppler-Geräten, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Kollimationseinrichtung in zwei wesentlichen Teilprozessen, der Fertigung einer Faserfixiereinrichtung (4) und eines Linsenarrays (5), hergestellt wird,
- zur Fertigung des Linsenarrays (5)
  - auf eine planparallele Trägerplatte (52) plankonvexe Kollimationslinsen (51) aufgeklebt werden, wobei deren Position und Brennweite an die Parameter des einfallenden Strahlenbündels (6) und der nachfolgenden Sendeoptik (71) so angepaßt ist, daß von den Kollimationslinsen (51) kollimierte Laserstrahlenbündel (61) über die Sendeoptik (71) im Meßvolumen (8) mit ihren Lasertailen zur Überlagerung gebracht werden,
  - die den aufgeklebten Kollimationslinsen (51) gegenüberliegende Oberfläche der Trägerplatte (52) als Verbindungsebene (45) zum Verbinden des Linsenarrays (5) mit der Faserfixiereinrichtung (4) verwendet wird, wobei zur Einstellung der für die definierte Überlagerung der Laserstrahlenbündel (6) im Meßvolumen (8) geeigneten optischen Dicke aus Trägerplatte (52), Kollimationslinse (51) und dazwischenliegender Kittschicht (53) die besagte Oberfläche der Platte flächig abgeschliffen wird, bis die notwendige Dicke der Trägerplatte (52) erreicht ist,
- zur Herstellung der Faserfixiereinrichtung (4)
  - in eine weitere planparallele Platte (42) durchgängige Ausnehmungen (43) zur hochgenauen Fixierung von mit der Laserdiode (1) gekoppelten Sendefasern (31) eingebracht werden, die ein orthogonales Arretieren der Sendefasern (31) bezüglich der Plattenoberfläche in den Ausnehmungen (43) gewährleisten, wobei die Positionen der Ausnehmungen (43) zu den Achsen der Kollimationslinsen (51) derart ausgerichtet werden, daß die Achsen der Sendefasern (31) mit denen der Kollimationslinsen (51) übereinstimmen,
  - die Sendefasern (31) jeweils in die Ausnehmungen (43) eingeschoben werden, wobei die durch die rückseitige Plattenoberfläche vorgegebene Verbindungsebene (45) von den Sendefasern (31) durchstoßen wird, und anschließend verklebt werden, und
  - die die rückseitige Plattenoberfläche durchstoßenden Enden der Sendefasern (31) auf das Niveau der Plattenoberfläche als Verbindungsebene (45) abgeschliffen werden,
- die Faserfixiereinrichtung (4) und das Linsenar-

ray (5) mit den zur Verbindungsebene (45) definierten Plattenoberflächen in Kontakt gebracht und verklebt werden, wobei die Achsen der Fasern (3) mit denen der Kollimationslinsen (51) in Übereinstimmung gebracht werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß mittig zwischen den Ausnehmungen (43) für die Sendefasern (31) eine weitere Ausnehmung (43) zur Aufnahme einer Empfangsfaser (32) eingebracht wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (43) in die Faserfixiereinrichtung (4) durch Einbringen einer Laserbohrung (44) hergestellt werden.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (43) in der Faserfixiereinrichtung (4) zylindrisch ausgeführt werden.

24. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (43) in der Faserfixiereinrichtung (4) konisch ausgeführt werden.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die konischen Ausnehmungen (43) der Faserfixiereinrichtung (4) mit ihrem großen Durchmesser größer als der Außendurchmesser der Fasern (31; 32) ausgeführt und mit ihrem kleinen Durchmesser in der Verbindungsebene (45) an den Durchmesser der Faserkerne (33) angepaßt werden, wobei nach der anschließenden Verklebung der Mantel der Fasern (31; 32) als Zentrierhilfe und Zugentlastung dient.

26. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (43) in die Faserfixiereinrichtung (4) durch

- Teilen der verwendeten planparallelen Platte (42) senkrecht zu den Plattenoberflächen in zwei Teilplatten (47),

- Einbringen von Nuten (48) zur Aufnahme der Fasern (3) in mindestens eine der Trennflächen der Teilplatten (47) und

- Zusammenfügen der Teilplatten (47) nach dem Einlegen der Fasern (3) in die Nuten (48),

erzeugt werden.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Nuten (48) keil- oder trapezförmig angefertigt und so bemessen werden, daß beim Zusammenfügen der Teilplatten (47) die eingelegten Fasern (3) im wesentlichen spielfrei eingeschlossen und zusätzlich verklebt werden.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

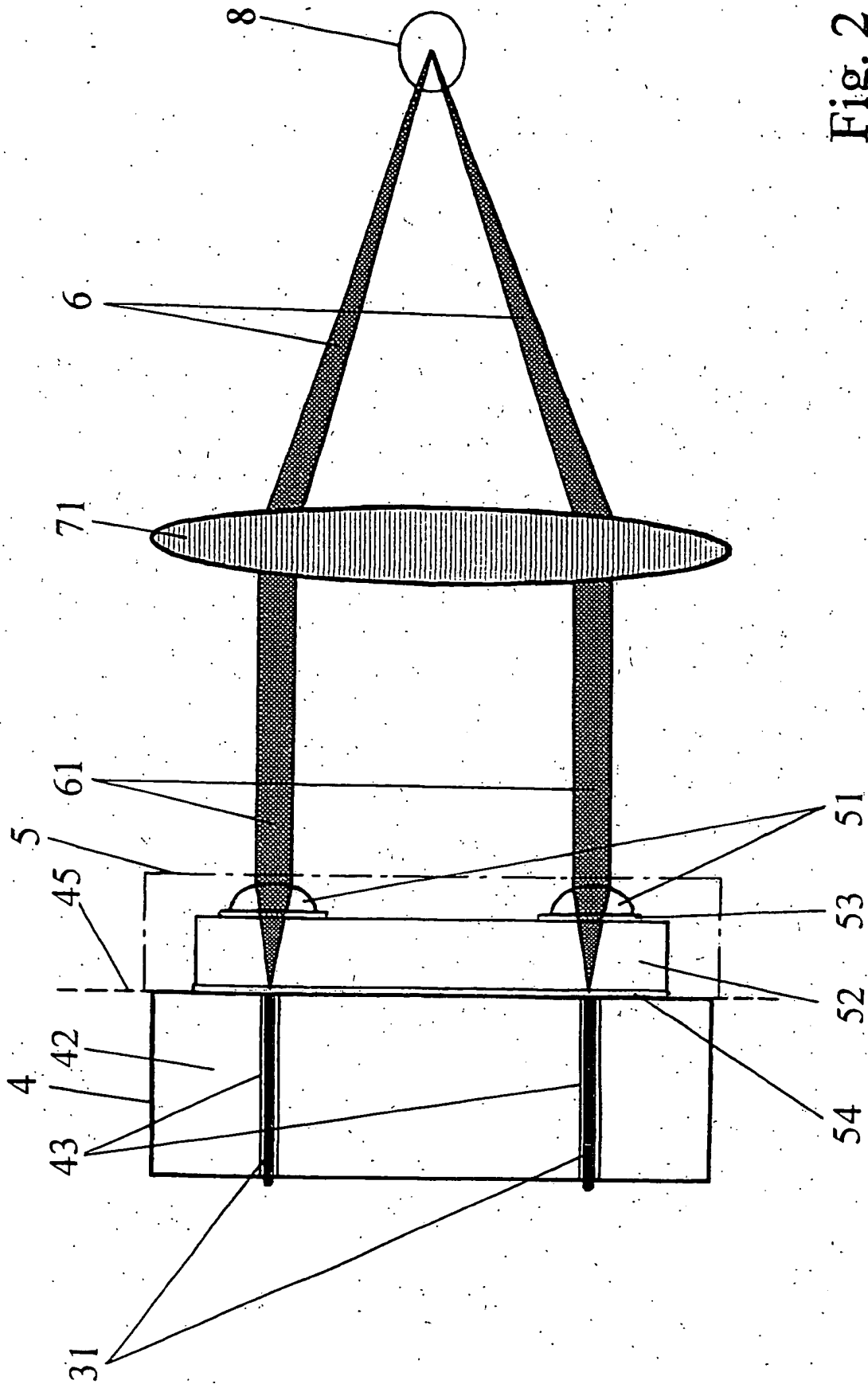


Fig. 2

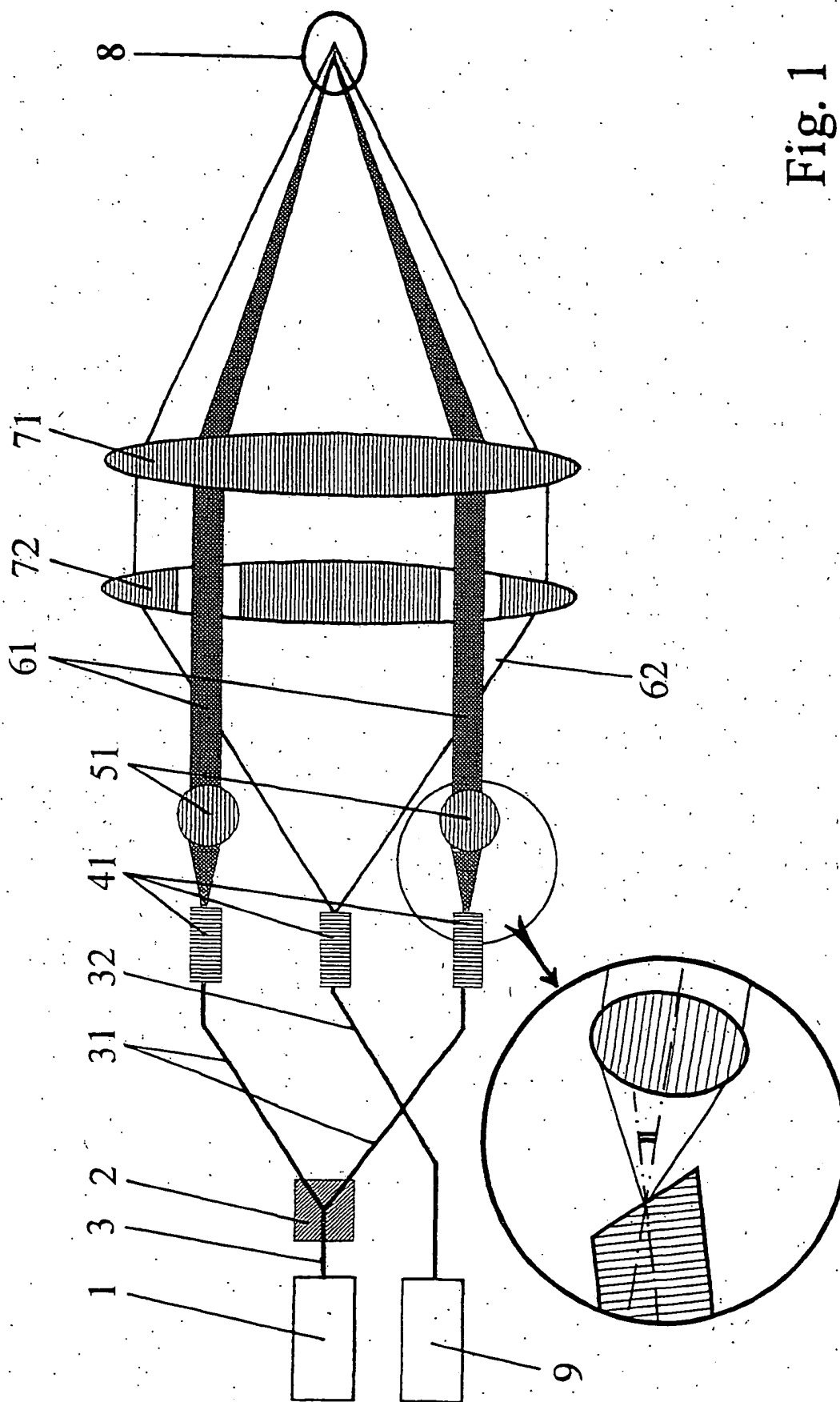


Fig. 1

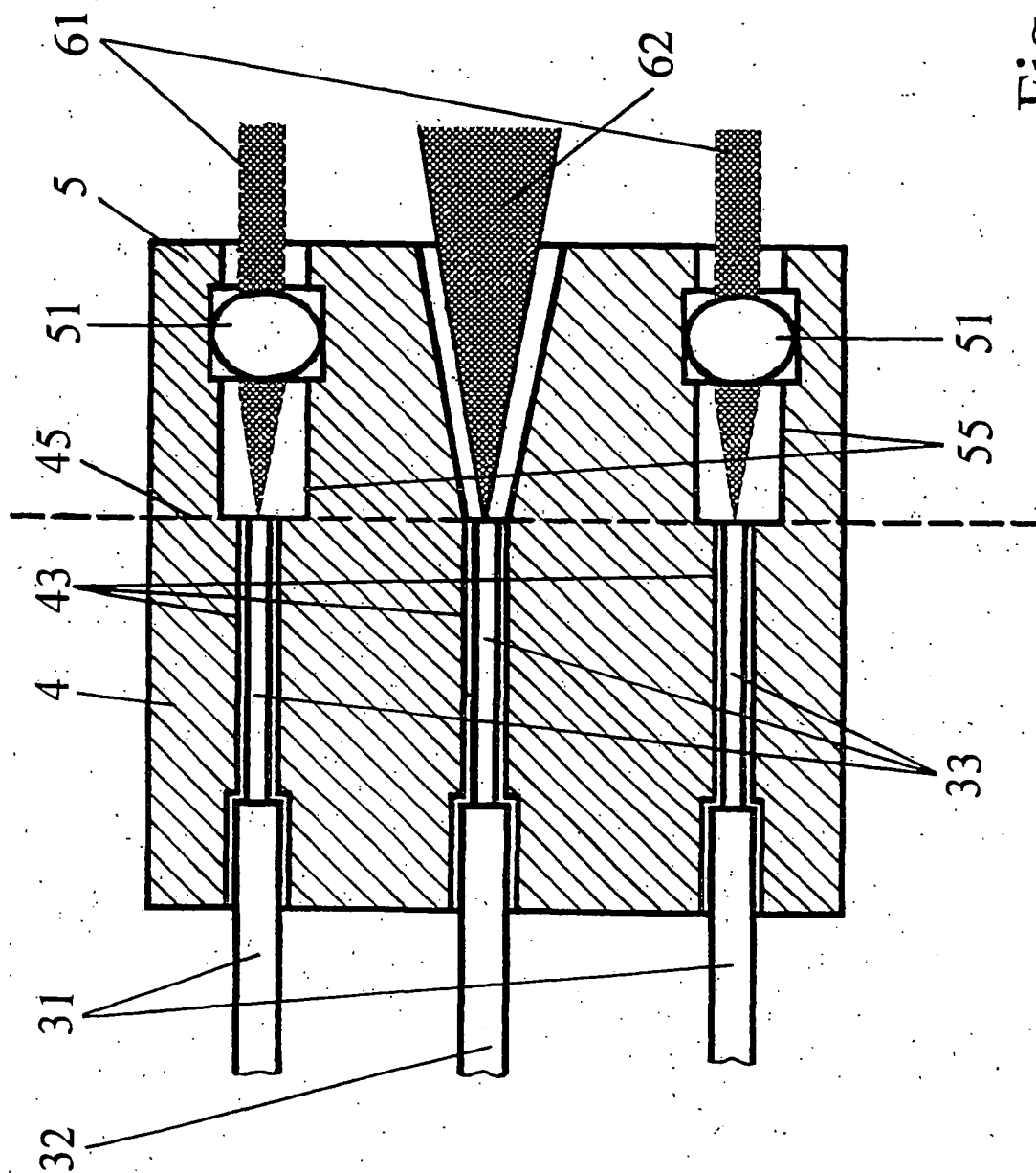


Fig. 3

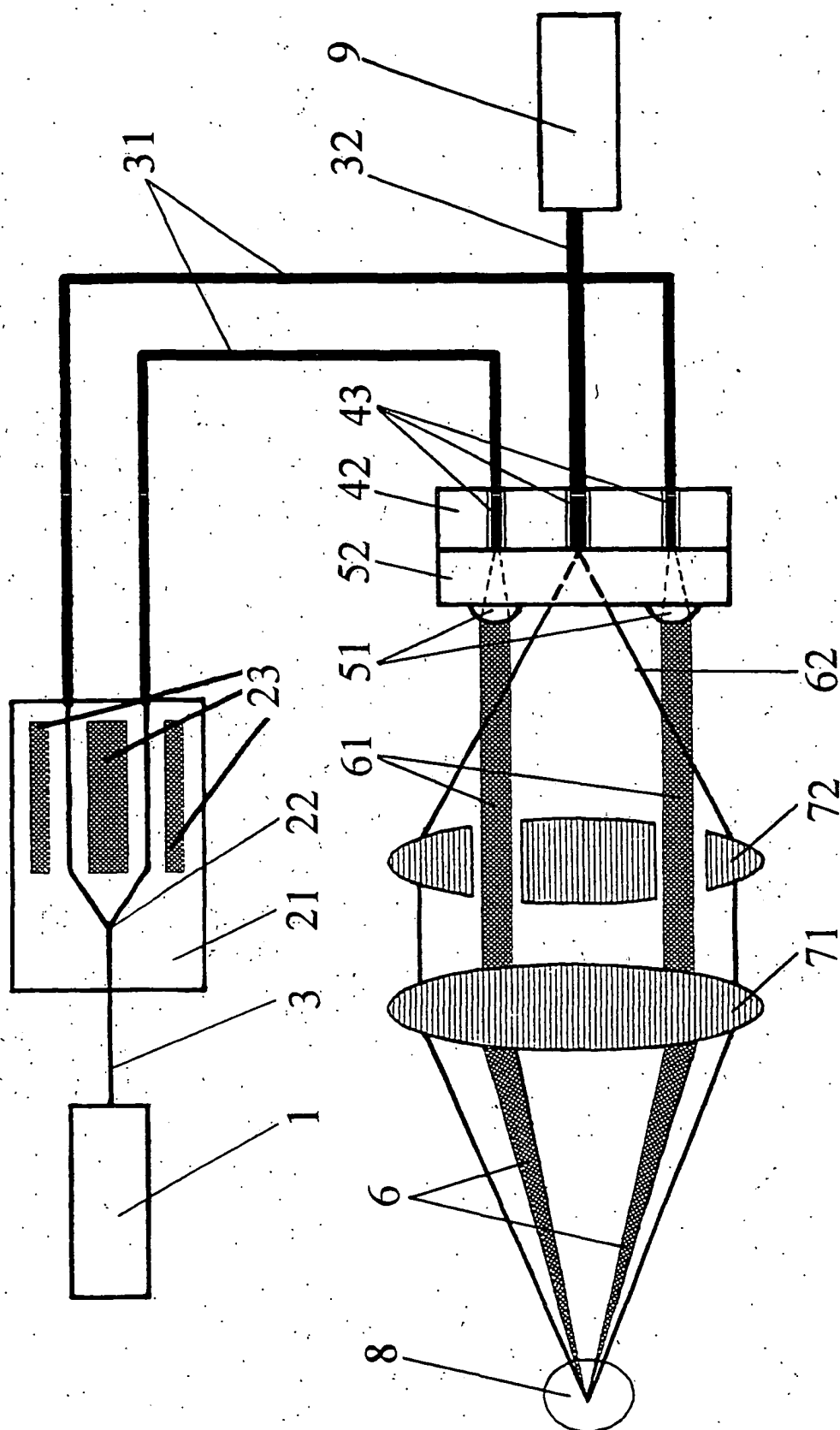


Fig. 4

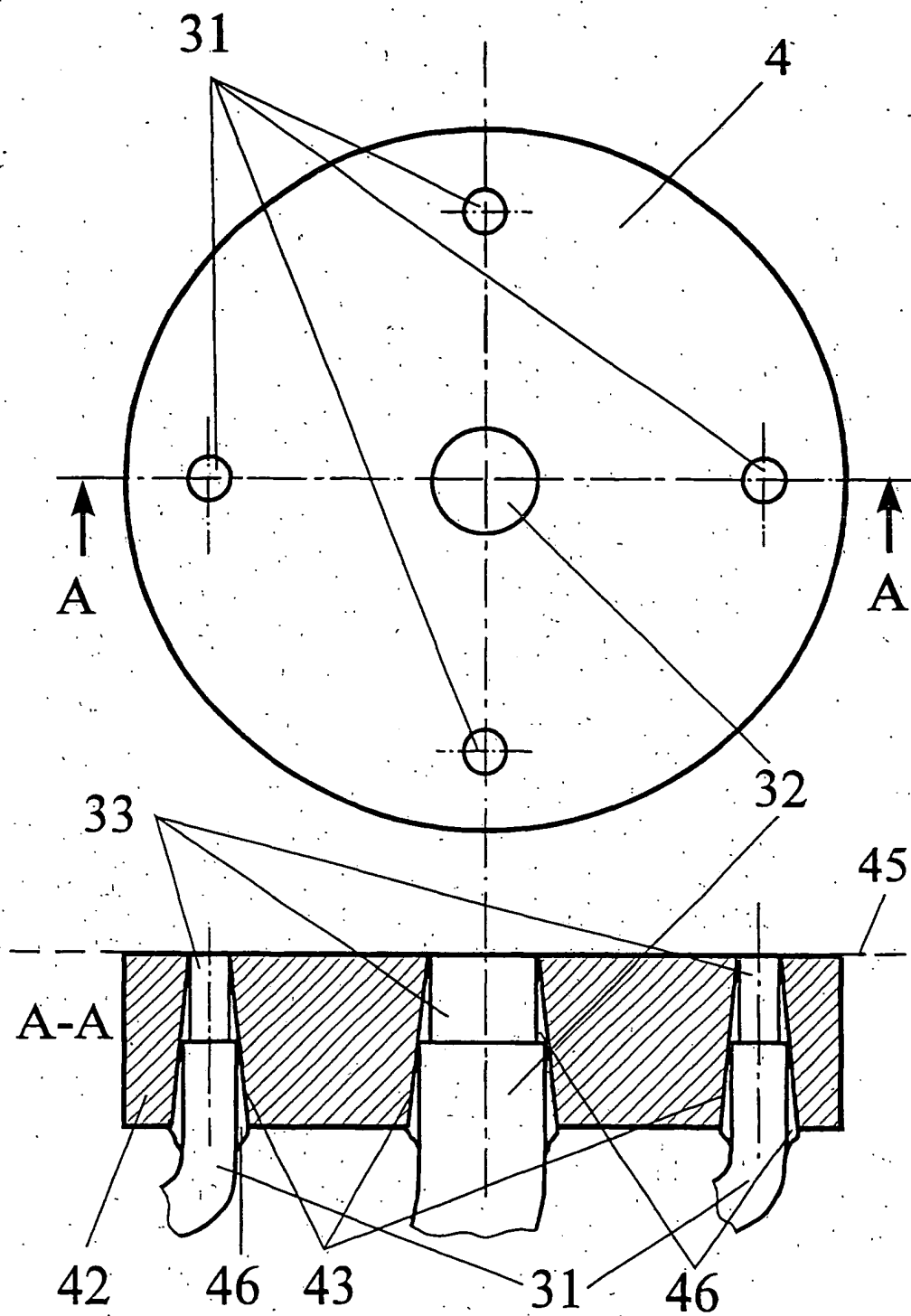
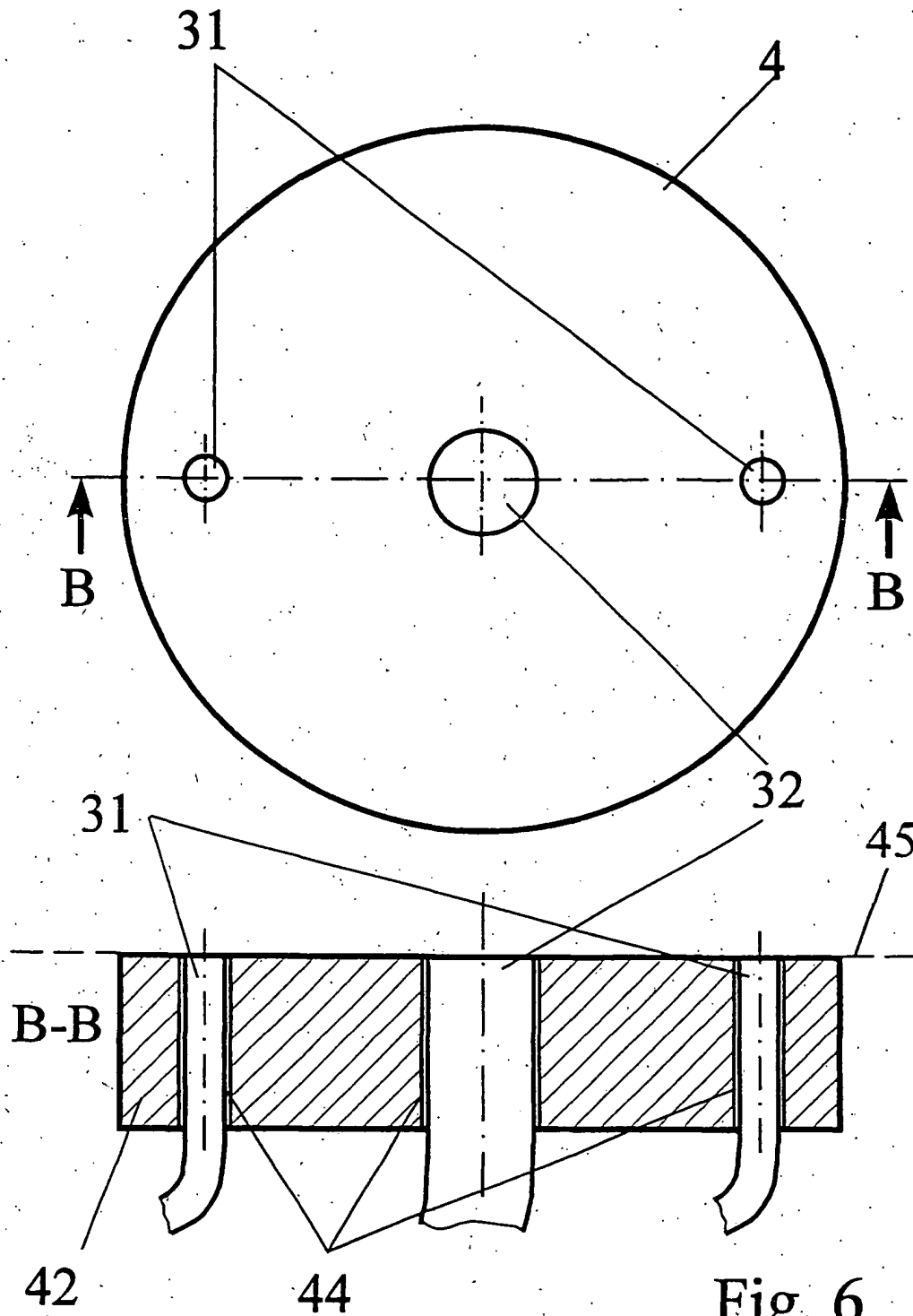


Fig. 5





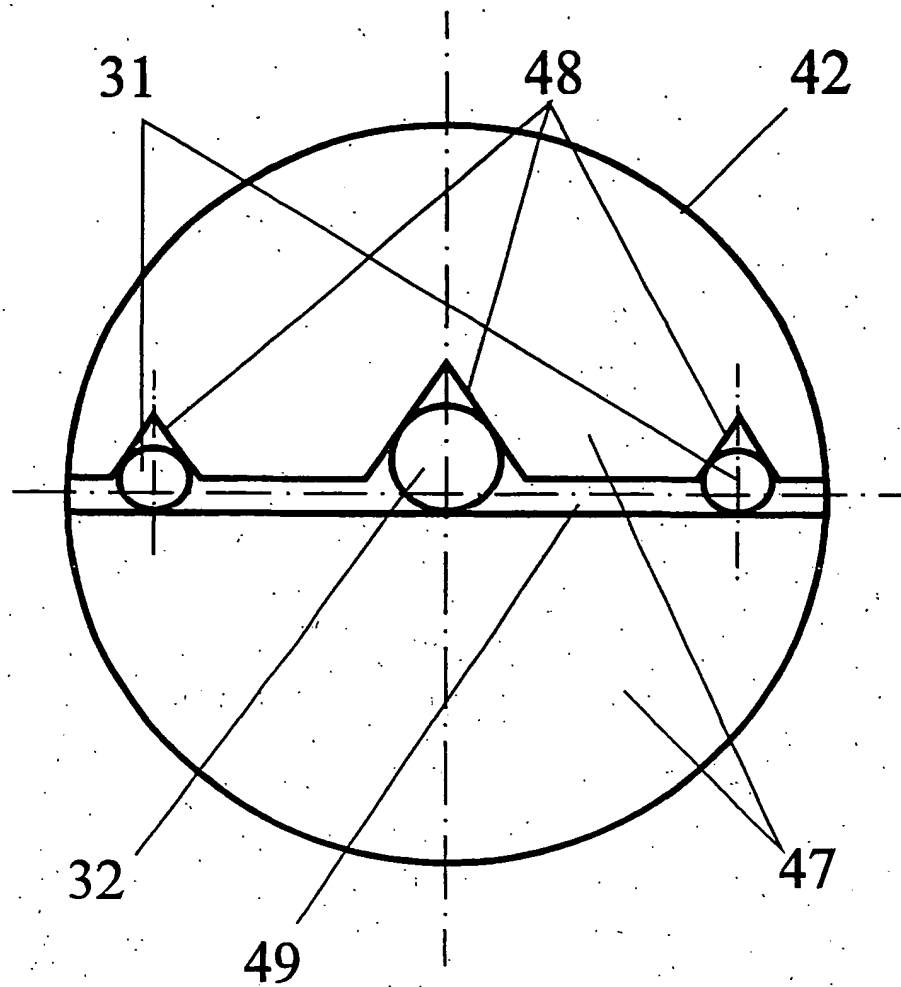


Fig. 7